

各試験場における水分関連の測定について

一般財団法人日本ウエザリングテストセンター

1. はじめに

2022年度上期・2023年度上期・2023年度下期のJWTCニュースでは、「沖縄と本州における紫外線量の違い」・「各試験場における温度測定について」・「各種条件における日射量・紫外線量の測定事例」として、日射量・紫外線量・気温・試験板表面温度についての測定結果を報告した。

今回は、太陽光・気温に続き、各試験場における水分に関連する測定項目として相対湿度・降水量の測定についてご紹介する。

2. 測定方法

JWTCの各試験場の相対湿度は、気温と同じように写真1 a)の強制通風式のシェルター内での測定を行っている。降水量は、転倒ます式の雨量計を用いた測定である。

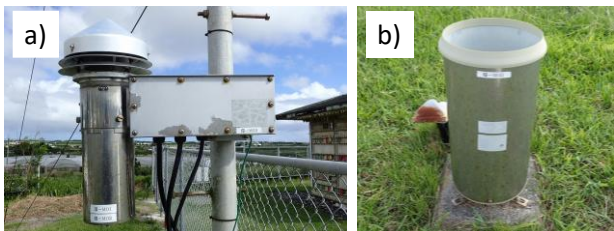


写真1 相対湿度・降水量の測定状況
a) 強制通風式温湿度計, b) 雨量計

3. 年平均值・月平均値について¹⁾

2012年～2021年（旭川のみ2016年～2021年）までの年平均相対湿度と2021年における月別の平均相対湿度を図1及び図2に示す。年平均相対湿度は、各試験場ともに毎年80%前後となっており、気温のように大きな差は見られない。一方、月別の相対湿度では、銚子・宮古島は梅雨の時期に相対湿度が約90%になるのに対し、旭川においては降雪の時期に相対湿度が高くなる傾向となっている。

図3に2021年における月別降水量を示す。銚子と宮古島は、相対湿度と同様に梅雨時期に降水量が大きくなるのに対し、旭川では低くなる。旭川の雨量計はヒータが組み込まれた寒冷地仕様のため、冬季は降雪により、測定値が高くなっている。

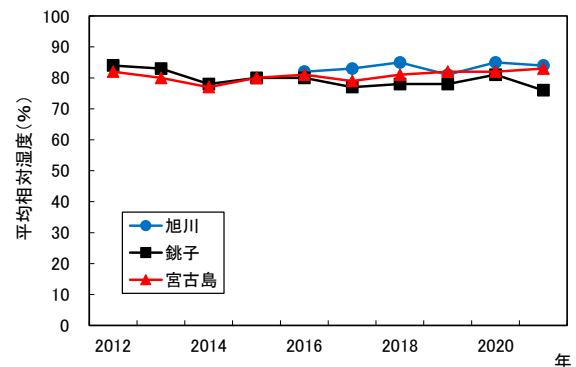


図1 年平均相対湿度（2012年～2021年）

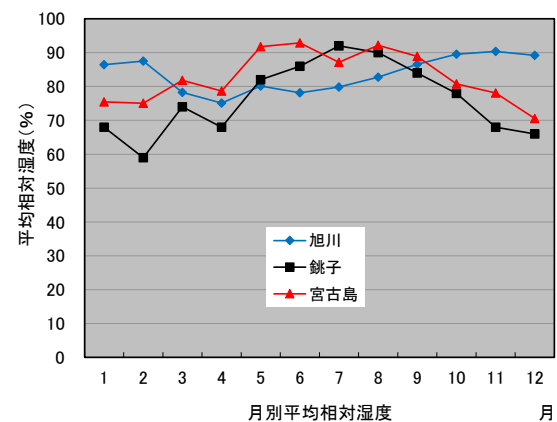


図2 月別相対湿度（2021年）

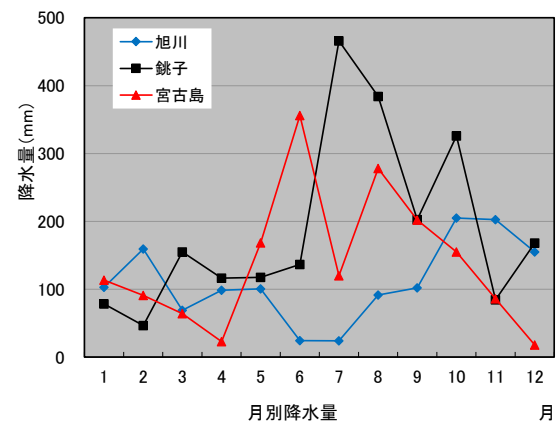


図3 月別降水量（2021年）

4. おわりに

今回は、水分に関する測定値についてご紹介した。試験場毎に季節の特徴があるため大気暴露試験をご検討の際に、本報告が参考になれば幸いである。

参考文献

1) ウェザリング技術研究成果発表会テキスト，日本ウェザリングテストセンター，49-50（2022）

ポリエステルGFRP板の長期耐久性に関する研究 -暴露30年間の外観と力学的特性の変化

額賀 圭介（日本ウエザリングテストセンター）
米丸 啓介（清水建設 技術研究所）

※2025年度日本建築学会大会にて発表した内容を一部修正したものです。

1. はじめに

不飽和ポリエステルをマトリックス樹脂としたガラス繊維強化プラスチック（以下GFRP）の屋外暴露試験を継続している。今回、暴露30年目の観察と力学的特性試験を実施し、これまでの結果と合わせて整理した。

この研究は通産省（当時）のプロジェクト¹⁾として1992年から開始されたものであり、調査期間が終了した2002年以降は、日本ウエザリングテストセンター（以下JWTC）が自主研究として屋外暴露試験を継続している。プロジェクトではGFRPをその耐久性や軽量性を生かした風力発電施設を構成する要素の素材として活用することを想定しており、施設の寿命予測を行うための基礎データを得る目的で、引抜成形による3種類のGFRPを各種耐候性試験に供した。本報では、このうちの試料Aの屋外暴露30年までの外観と力学的特性の変化について検証した。

2. 暴露試験の概要

2.1 GFRP（試料A）

GFRPの組成内容を表1に示す。ガラス繊維はGFRPに加わる力を負担し、比較的柔らかい樹脂は繊維を保持する役目をなす。ガラス繊維には、繊維が一方方向に引き揃えられたロービング材（表1

中①）とランダムな方向を向くマット材（②）の2種類を用い、主にロービング材の方向や量がGFRPの力学的特性を決定づける。マット材は主にGFRPの形状を保つ役割がある。最外層には保護層として一定厚のポリエステル樹脂層を形成するためのポリエステル不織布（③）が配されている。GFRP板の厚さは約3mmであり、積層構成は表1中の模式図に示す厚さ方向に対称な7層である。

2.2 屋外暴露試験

屋外暴露試験はJWTCの銚子暴露試験場（以下銚子）と宮古島暴露試験場（以下宮古島）で継続しており、暴露試験体は引抜成形のGFRP板を280mm角に加工したものが直接暴露試験（JIS Z 2381）に供されている。表2に銚子と宮古島の環境条件等の違いをまとめる。今回は30年暴露したGFRPの外観観察と、試験体をロービング材の方向に切出した試験片による引張試験（旧JIS K 7054(1987)）と曲げ試験（旧JIS K 7055(1987)）の結果について述べる。試験片の幅×長さは引張が10mm×200mm、曲げが15 mm×68 mm（支持スパン45 mmの3点曲げ）である。

3. 観察と試験の結果

3.1 外観観察

写真1に銚子と宮古島の暴露30年までのGFRPを並べて示す。両暴露場所とも1年目で大きく変色した。銚子が7年目、宮古島が5年目にガラス繊維の表面化が確認でき、それ以降は表面化の程度が徐々に著しくなっている。写真2に暴露30年目の試験片の切断加工面（側面；ロービング材方向）の例をブランク材と比較して示す。写真ではロービング層が白く見えており、ブランク材では断面の状況が表1の模式図同様に上下対称であるが、

表1 GFRPの組成内容

	種類	含有率※	備考	積層構成
積層材	①ガラスロービング材	20%	JIS R 3412	
	②ガラスマット材	19%	JIS R 3411	
	③ポリエステル不織布	2%		
樹脂	不飽和ポリエステル樹脂	46%	JIS K 6919	
充填剤等	水酸化アルミニウムなど	13%		

※含有率は重量%

表2 暴露試験場の環境条件等

	銚子	宮古島
緯度・経度	35°43'N・140°45'E	24°44'N・125°20'E
暴露試験の方位と角度	南面 30 度	南面 20 度
年間紫外線量※	308MJ/m ²	366MJ/m ²
年平均気温※	15℃	24℃

※暴露期間中の平均値

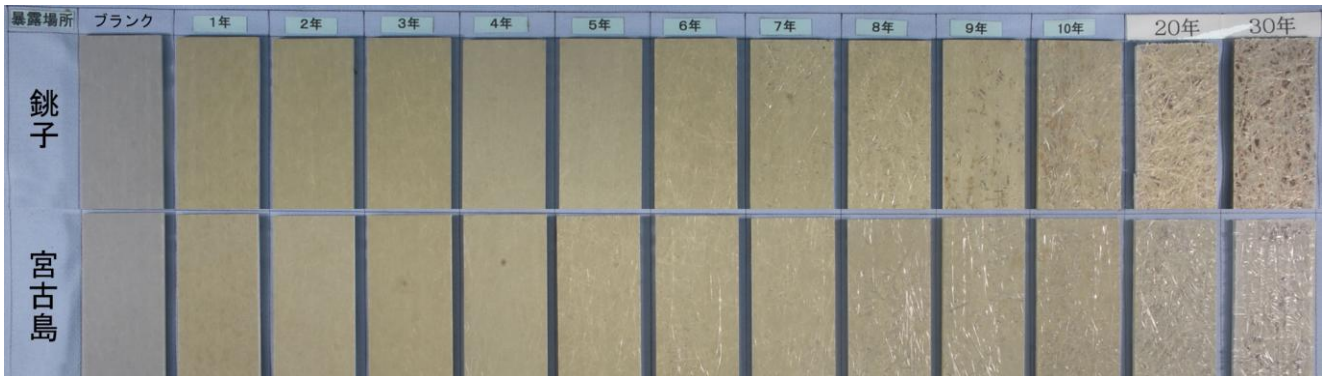


写真1 暴露30年までの暴露試験片の表面状態

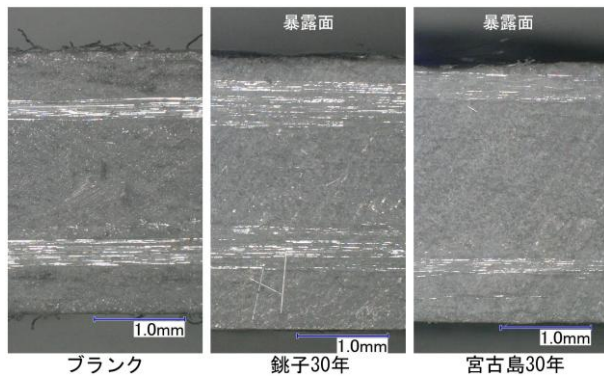


写真2 試験片の切断加工面の例（ロービング方向）

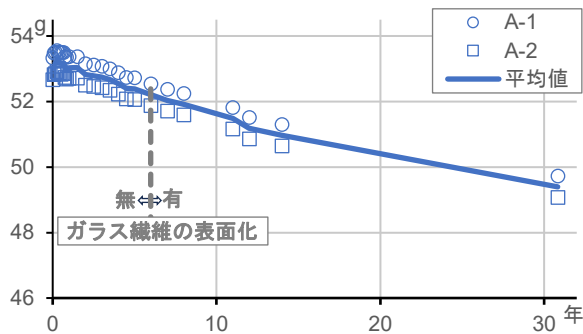


図1 質量の経時変化（質量測定用試験片；銚子）

30年材ではロービング層より上（暴露面）側の断面が減少している。銚子では上からの2層目のガラスマット層の一部が残っているが、宮古島ではその2層目が概ね失われている状態が確認できる。図1に銚子で暴露している質量測定用試験片（150mm×70mm）の質量の経時変化を示す。質量はほぼ直線的に低下しており30年目は初期から約3.5g（6.8%）減少した。減少した樹脂層やマット層の樹脂と表面化して脱落した一部のガラス繊維の質量と考えられる。

3.2 力学的特性試験

2.1節で示した通りGFRPの断面は一様ではなく、保護層の減耗はGFRPの力学的特性に影響を与えないことから、引張試験と曲げ試験の結果を、今回はそれぞれの試験の最大荷重（試験片幅の実測値で補正）で整理した。図2と図3に引張試験と曲げ試験の最大荷重の経時変化を示す。暴露10年までのプロジェクト最終報告書¹⁾の範囲では試験結果の信頼性解析が行われ、時間の経過に依存するGFRPの性能変化が確認されていないことと今回確認した暴露試験片のガラス繊維が表面化したタイミングを考慮して、銚子で6年、宮古島で4年までは力学的特性が未劣化とした。未劣化の範囲の引張試験と曲げ試験の最大荷重の平均値はそれぞれ5067N（変動係数8.0%）と635N（同10.5%）である。30年目の引張試験の最大荷重の平均値は、銚子と宮古島がそれぞれ4056N（未劣化平均の80.0%）と3096N（同76.3%）、曲げ試験がそれぞれ

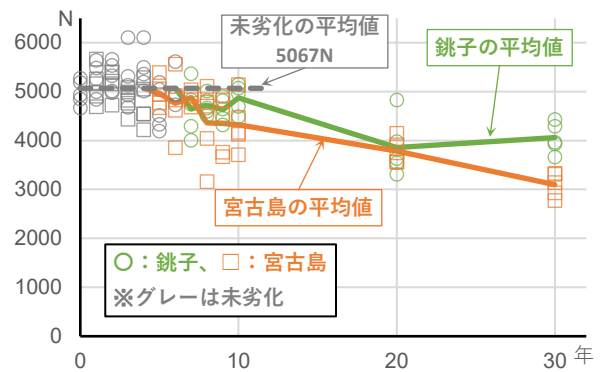


図2 引張試験の最大荷重の経時変化

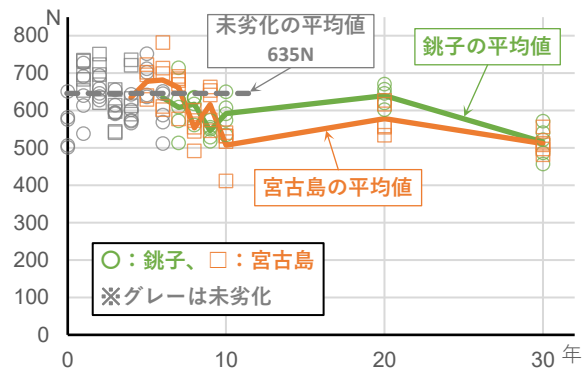


図3 曲げ試験の最大荷重の経時変化

516N（同81.3%）と512N（同80.6%）であった。

4. まとめ

屋外暴露30年までの観察と力学的特性試験の結果からポリエステルGFRPの変化の状況は次のとおり。

- 観察では、銚子と宮古島の環境条件の差に応じたガラス繊維の表面化やGFRP板断面の減耗が確認できた。
- 力学的特性については、検証したGFRP（試料A）では引張と曲げの強さが約20%低下したが、ばらつきが大きく、銚子と宮古島の差が顕著ではない。

風力発電施設が約20年のサイクルで更新されている現状²⁾があり、本研究では十分な期間のポリエステルGFRP耐候性データが得られたと考える。屋外暴露試験は今回で完了とし、今後は、本報に未掲載のデータと合わせてまとめて、ポリエステルGFRPの耐久性設計の基礎データとしたい。（参考文献）

1) 日本ウエザリングテストセンター編：平成14年度 新発電システムの標準化に関する調査研究（新発電関連要素機器の長期耐久性及び寿命予測の標準化）成果報告書、2003.3

2) 例えば、一般社団法人日本風力発電協会：“風力発電設備の廃棄・リサイクルについて”、経済産業省、2023.7.18、https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/disposal_recycle/pdf/004_04_00.pdf（参照 2025-3-28）

お 知 ら せ

□5月27日(14:00～14:45) 令和7年度第1回理事会
第1回理事会において次の議案が審議され承認可決された。

- ・第1号議案 令和6年度事業報告書(案)・同決算書(案)の承認について
- ・第2号議案 評議員会の開催について

□6月13日(10:05～10:45) 令和7年度定時評議員会
定時評議員会において次の議案が審議され承認可決された。

- ・第1号議案 令和6年度事業報告書(案)・同決算書(案)の承認について

- ・第2号議案 評議員の補欠選任について

□8月18日(14:55～17:00) 令和7年度第1回技術委員会
第1回技術委員会において、次の項目について審議検討された。

- ・自主研究及び共同研究の実施状況
- ・JWTC試験研究ネットワークの推進

2025年4月1日～2025年9月30日の外部講演会及び委員会への協力>

内 容	主 催	備 考
ISO/TC156 本委員会	ステンレス協会	委員派遣 1回
ISO/TC156/WG4 国内委員会	ステンレス協会	委員派遣 2回
ISO/TC156/WG6 国内委員会	ステンレス協会	委員派遣 3回
ISO/TC156/WG6/SWG2 国内委員会	ステンレス協会	委員派遣 3回
ISO/TC61/SC6 国内委員会	日本プラスチック工業連盟	委員派遣 1回
JIS ハンドブック編集委員会〔建築〕	一般財団法人日本規格協会	委員派遣 1回
環境劣化分科会	一般社団法人日本ゴム協会	職員派遣 1回
耐食性評価試験委員会	一般社団法人日本アルミニウム協会	委員派遣 1回
腐食生成物除去方法の JIS 原案作成委員会分科会	ステンレス協会	委員派遣 3回
第 45 回 防錆防食技術発表大会	一般社団法人日本防錆技術協会	職員派遣 1回

2025 年度発表会

□2025年度ウエザリング技術研究成果発表会

開催日 2025年11月26日(水) A P 浜松町(東京都港区)及びオンラインによるハイブリッド開催

- | | | |
|---|-------------|-------|
| ・積雪による寒冷地における鋼材腐食への影響 | 北海道大学 大学院 | 坂入 正敏 |
| ・計算科学を活用した鋼材腐食挙動の解析 | 神戸製鋼所 | 小澤 敬祐 |
| ・ポリエステルGFRP板の長期耐久性に関する研究-暴露30年までの外観と力学的特性の変化- | JWTC銑子暴露試験場 | 額賀 圭介 |
| ・規格、相関性を重視した『キセノンランプ式耐候性試験装置』の最新技術動向 | 岩崎電気 | 森 一郎 |
| ・全国公設試における高分子複合材料の屋外暴露試験について | 産業技術総合研究所 | 大石 晃広 |
| ・日本国内における炭素鋼及び亜鉛を対象とする推定腐食マップ | 電力中央研究所 | 大原 信 |

詳細は以下のURLからご参考ください。

<https://www.jwtc.or.jp/seminar/>

JWTC の予定

- 2025年 11月26日 2025年度ウエザリング技術研究成果発表会
- 11月27日 同 銑子暴露試験場の見学会(銑子)
- 2026年 2月 2025年度第1回化学製品の耐候性技術情報連絡会

<試験依頼についてのお問合せは>

事務局 TEL 03-3434-5528 まで

ホームページ <https://www.jwtc.or.jp>

JWTCニュース 2025年度上期

発行所 一般財団法人日本ウエザリングテストセンター

2025年9月24日印刷・2025年9月25日発行

〒105-0011 東京都港区芝公園1丁目1番11号

TEL: 03-3434-5528 FAX: 03-3434-5529